Universidad de Oriente.
Núcleo de Anzoátegui.
Departamento de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
Escuela de Ingeniería Química.
Laboratorio de Química Orgánica

BIODIGESTOR

Profesor: Luis Peña.

Sección: 20

Integrantes:

Torrealba Juan C.I: 31.318.899
Fernandez Jhostin C.I:30.861.119
Mok Cesar C.I: 30.848.484

Barcelona, Febrero de 2025

Índice.

Introducción.
¿Qué es un biodigestor?
¿Para qué sirve?
Tipos de biodigestores.
Partes de un biodigestor.
Gas Metano.
Composición del biogás.
Factores que afectan la producción de biogás.
¿Cuánto biogás puede producir un biodigestor?
Estimaciones de producción de biogás.
Generación de fertilizante a través del biol.
¿Cómo se produce energía con biogás?
¿Qué es la descomposición anaeróbica?
Etapas de la descomposición anaeróbica.
Factores que afectan la descomposición anaeróbica.
Materias primas adecuadas para el biodigestor.
Reacciones que se llevan a cabo en un biodigestor.
Conclusiones y recomendaciones.
Bibliografías.

Capítulo 1: Introducción.

Introducción.

En la búsqueda de alternativas sostenibles y renovables para satisfacer las crecientes demandas energéticas del mundo moderno, los biodigestores emergen como una solución innovadora y eficiente. Estas estructuras, diseñadas para facilitar la digestión anaeróbica de materia orgánica, no solo representan un avance en la gestión de residuos, sino que también ofrecen una vía para la producción de energía limpia y fertilizantes naturales. La digestión anaeróbica es un proceso biológico en el que microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, generando biogás como producto principal. Este biogás, compuesto mayoritariamente por metano, se convierte en un recurso valioso que puede ser utilizado para la generación de electricidad, calefacción y como combustible para vehículos. Los biodigestores pueden clasificarse en diferentes tipos, cada uno adaptado a diversas necesidades y condiciones ambientales. Desde biodigestores de tipo tubular hasta los de tipo estacionario, cada diseño tiene sus propias características y aplicaciones. Estos sistemas no solo sirven como generadores de energía, sino que también desempeñan un papel crucial en el manejo de residuos orgánicos, permitiendo la transformación de desechos agrícolas, ganaderos y domésticos en recursos útiles. La capacidad de un biodigestor para producir biogás varía según su tamaño, tipo y la materia orgánica utilizada, lo que lo convierte en una herramienta versátil para diversas escalas de operación. La composición del biogás es fundamental para entender su potencial energético; típicamente, contiene entre un 50% y un 70% de metano, lo que lo convierte en un combustible altamente eficiente. Además, el proceso de digestión anaeróbica resulta en la producción de digestato, un subproducto rico en nutrientes que puede ser utilizado como fertilizante natural, conocido como biol. Este ciclo de aprovechamiento no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la cantidad de residuos que llegan a los vertederos, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles.

En este informe, exploraremos en detalle el funcionamiento de los biodigestores, sus componentes esenciales y su capacidad para generar tanto biogás como fertilizantes. También se abordará la parte experimental, donde se analizará cómo se transforma el biogás en energía utilizable. A través de esta investigación, se busca resaltar la importancia de los biodigestores como una solución integral que combina la gestión de residuos, la producción de energía renovable y la fertilización sostenible, contribuyendo así a un futuro más limpio y sostenible.

Capítulo 2: Marco Teórico.

¿Qué es un biodigestor?

Es un sistema que utiliza microorganismos para descomponer materia orgánica, como residuos agrícolas, estiércol, o desechos de alimentos, en un ambiente libre de oxígeno (anaeróbico). Este proceso genera biogás, una mezcla principalmente de metano (CH_3) y dióxido de carbono (CO_2), que puede ser utilizado como fuente de energía.

El uso de biodigestores es una forma eficiente y ecológica de gestionar residuos y generar energía renovable, además de contribuir a la reducción de emisiones de gases contaminantes.

¿Para qué sirve?

Un biodigestor sirve principalmente para tres cosas:

- Generación de energía renovable: A través de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos, produce biogás, que puede ser utilizado como fuente de energía para generar electricidad, calefacción o incluso como combustible para vehículos.

- Tratamiento de residuos orgánicos: Ayuda a gestionar y reducir residuos orgánicos, como estiércol, restos de comida, residuos agrícolas, entre otros, de manera más ecológica y eficiente, evitando la contaminación del medio ambiente.

- Producción de fertilizante: El proceso de digestión produce un subproducto llamado digestato, que es un fertilizante rico en nutrientes que puede ser utilizado para enriquecer los suelos y mejorar el rendimiento agrícola.

Tipos de biodigestores.

1. *Biodigestor de campana fija:* Consiste en un tanque de fermentación con una campana rígida que almacena el biogás.

- Ventajas: Duradero, fácil de mantener.
- Desventajas: Costoso de instalar, no es portátil.
- Aplicaciones: Ideal para comunidades o granjas pequeñas.

2. *Biodigestor de campana flotante:* Tiene un domo móvil (flotante) que se eleva o desciende según la cantidad de gas almacenado.

- Ventajas: Permite un control visual del gas acumulado.
- Desventajas: Mayor riesgo de fugas y requiere mantenimiento constante.
- Aplicaciones: Usado en áreas rurales o domésticas.

3. *Biodigestor tubular (o de manta plástica):* Hecho de una membrana plástica flexible, similar a un tubo alargado.

- Ventajas: Económico, fácil de instalar y transportar.
- Desventajas: Menor durabilidad, vulnerable a daños externos.
- Aplicaciones: Granjas pequeñas y proyectos de bajo presupuesto.

4. *Biodigestor de tanque vertical o continuo:* Un tanque cilíndrico en el que los residuos se introducen continuamente y se extraen a medida que se digieren.

- Ventajas: Eficiente en espacios reducidos.
- Desventajas: Requiere monitoreo constante.
- Aplicaciones: Lugares con poco espacio disponible.

5. *Biodigestor de laguna cubierta:* Es una laguna revestida y cubierta con una membrana para capturar biogás.

- Ventajas: Adecuado para grandes cantidades de desechos.
- Desventajas: Requiere mucho espacio, alto costo inicial.
- Aplicaciones: Industrias agrícolas o ganaderas.

6. *Biodigestor seco:* Diseñado para desechos con bajo contenido de agua (generalmente sólidos).

- Ventajas: Aprovecha residuos orgánicos sólidos.
- Desventajas: Requiere un proceso más complejo.
- Aplicaciones: Tratamiento de estiércol o restos sólidos de cultivos.

Partes de un biodigestor.

El biodigestor tiene varias partes esenciales que permiten el proceso de digestión anaeróbica. Estas son las principales partes y sus funciones:

- Tanque o cámara de digestión: Es el corazón del biodigestor, donde ocurre la digestión anaeróbica. Aquí, los microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, produciendo biogás y digestato. Puede ser de concreto, plástico, fibra de vidrio o metal, dependiendo del
  tipo de biodigestor.

- Ingreso o boca de carga: Entrada por donde se introducen los residuos orgánicos y agua al
  biodigestor. Puede incluir un mezclador para homogenizar los desechos antes de ingresarlos.

- Cámara de gas (domo o campana): Espacio donde se almacena el biogás generado durante la digestión .Puede ser fija (campana fija) o flotante (domo móvil).

- Salida de efluentes o boca de descarga: Punto de salida para los residuos ya digeridos (biol o biofertilizante). Normalmente en la parte baja del biodigestor para facilitar la descarga.

- Tuberías de conducción de gas: Transportan el biogás desde la cámara de gas hasta el punto de uso (como estufas, generadores, etc.). Este puede ser de PVC, metal o mangueras especiales resistentes al gas.

- Trampa de agua: Evita que el agua acumulada en las tuberías obstruya el flujo del biogás. Es una pequeña cámara intermedia conectada a las tuberías.

- Válvula de presión o seguridad: Regula la presión del biogás acumulado y evita sobrepresiones en el sistema.

- Salida de gas: Conduce el biogás al sistema de consumo. Puede conectarse a un quemador, lámpara o motor.

- Revestimiento o cubierta externa (en algunos diseños): Protege el biodigestor de factores climáticos y mantiene la temperatura interna.

- Separador de sólidos (opcional): Extrae sólidos no digeribles del material ingresado, asegurando el buen funcionamiento del sistema.

- Base o cimientos: Proporciona soporte y estabilidad al biodigestor. Generalmente es de concreto en instalaciones fijas.

Gas Metano.

El gas metano (CH_4) es un hidrocarburo simple y el componente principal del gas natural, conocido por ser un combustible fósil y una fuente de energía renovable cuando se produce a través de procesos biológicos, como la digestión anaeróbica de materia orgánica. Es un gas incoloro e inodoro a temperatura y presión normales, aunque se le puede añadir un odorante para detectar fugas. El metano es considerado un potente gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global aproximadamente 25 veces mayor que el del dióxido de carbono (CO_2) en un horizonte temporal de 100 años, lo que lo convierte en un objetivo clave en las estrategias de mitigación del cambio climático. Su producción natural ocurre en ambientes anaeróbicos, como pantanos, vertederos y sistemas digestivos de animales rumiantes, mientras que su producción industrial se realiza principalmente a través de la extracción de gas natural y la conversión de biomasa. Además, el metano tiene aplicaciones en la industria como materia prima para la fabricación de productos químicos, plásticos y fertilizantes, y se utiliza ampliamente en la generación de electricidad y calefacción. Sin embargo, su liberación descontrolada a la atmósfera durante la extracción y transporte puede contribuir significativamente al cambio climático, lo que ha llevado a la implementación de tecnologías y políticas para capturar y utilizar el metano de manera más eficiente y sostenible.

Composición del biogás.

El biogás es un combustible renovable que se produce a través de la digestión anaeróbica de materia orgánica por microorganismos en ausencia de oxígeno. Su composición varía dependiendo de varios factores, como el tipo de materia orgánica utilizada, las condiciones del proceso y el tiempo de retención.

- **Metano (CH_4)**: Generalmente, el metano constituye entre el 50% y el 70% del biogás. Es el principal componente energético del biogás y el que se utiliza como combustible para la generación de electricidad, calor o como biocombustible en vehículos.

- **Dióxido de carbono (CO_2)**: Representa entre el 30% y el 50% del biogás. Aunque no es un gas combustible, su presencia es importante en la mezcla. El CO_2 puede ser capturado y utilizado en aplicaciones industriales o en la producción de bebidas carbonatadas.

- **Otros Gases**:
    - **Hidrógeno (H_2)**: Puede estar presente en pequeñas cantidades (alrededor del 0-1%).

    - **Ácido Sulfhídrico (H_2S)**: Generalmente en concentraciones muy bajas (0-3%), pero es altamente corrosivo y tóxico. Se debe eliminar antes de usar el biogás para evitar daños en los equipos.

    - **Amoníaco (NH_3)**: Puede estar presente en pequeñas cantidades, especialmente si la materia orgánica contiene altas concentraciones de nitrógeno.

- **Vapor de agua (H_2O)**: La cantidad de vapor de agua también varía, dependiendo de la temperatura y la presión del biogás.

Factores que Afectan la Producción de Biogás:

Hay diversos factores que afectan la producción del biogás en el biodigestor. Estos son los más destacados:

- *Tipo de Materia Orgánica:* Diferentes sustratos (residuos agrícolas, estiércol, desechos alimentarios) producen diferentes proporciones de metano y dióxido de carbono. Por ejemplo, los residuos de alimentos suelen generar más metano que los residuos lechosos.

- *Condiciones del Proceso:* La temperatura (mesofílica vs. termofílica), el pH, y el tiempo de retención hidráulica influyen en la actividad microbiana y, por ende, en la composición del biogás.
    - Temperatura: Existen dos tipos de temperatura que pierden afectar la producción del biogás. La mesofílica se refiere a temperaturas entre 30°C y 40°C. En este rango, los microorganismos mesofílicos son más activos. Este tipo de digestión es más estable y menos sensible a cambios bruscos en la composición del sustrato. Por otra parte, las termofílica se refiere a temperaturas entre 50°C y 60°C. Los microorganismos termofílicos pueden descomponer materia orgánica más rápidamente y son más eficientes en la producción de biogás. Sin embargo, este proceso puede ser menos estable y más susceptible a inhibiciones.

    - pH: Un pH óptimo para la producción de biogás generalmente se encuentra entre 6.5 y 8.5. Un pH demasiado bajo (ácido) o demasiado alto (alcalino) puede inhibir la actividad de los microorganismos metanogénicos, que son responsables de la conversión de ácidos volátiles en metano.Cambios en el pH pueden afectar la solubilidad de ciertos compuestos y, por ende, la disponibilidad de nutrientes esenciales para los microorganismos.

    - Tiempo de Retención Hidráulica (TRH): Un TRH adecuado permite que los microorganismos descompongan eficientemente la materia orgánica. Si el TRH es demasiado corto, puede resultar en una menor producción de biogás, ya que no se da suficiente tiempo para que los microorganismos realicen su trabajo. Por otro lado, un TRH excesivamente largo puede llevar a la acumulación de productos intermedios, como ácidos grasos volátiles, que pueden ser tóxicos para los microorganismos metanogénicos.

- *Microorganismos:* Existen diferentes grupos de microorganismos involucrados en la digestión anaeróbica, incluyendo bacterias hidrolíticas, acidogénicas, acetogénicas y metanogénicas. Cada grupo juega un papel específico en la conversión de materia orgánica en biogás..

¿Cuánto biogás puede producir un biodigestor?

La cantidad de biogás que puede producir un biodigestor depende de varios factores, incluyendo el tipo de materia orgánica utilizada, la capacidad del biodigestor, las condiciones operativas y el tiempo de retención.

1. *Tipo de materia orgánica:* Diferentes sustratos producen diferentes cantidades de biogás. Por ejemplo, el estiércol l de ganado produce aproximadamente 20-30 m^3 de biogás por tonelada, los residuos de cultivos producen alrededor de 50-100 m^3 de biogás por tonelada, dependiendo del tipo de residuo, y por último, los desechos alimentarios pueden producir entre 100-200 m^3 de biogás por tonelada.

2. *Capacidad del biodigestor:* Los biodigestores vienen en diferentes tamaños, desde pequeños sistemas domésticos hasta grandes instalaciones industriales. La capacidad se mide generalmente en metros cúbicos (m^3).
Un biodigestor pequeño puede tener una capacidad de 5 a 20 m^3, mientras que los biodigestores grandes pueden superar los 1,000 m^3.

3. *Condiciones operativas:* Los biodigestores funcionan a temperaturas mesofílicas (30-40 °C) o termofílicas (50-60 °C). Las temperaturas elevadas incrementan la producción de biogás, aunque requieren un control más estricto. El Tiempo de Retención Hidráulica (TRH), que es el periodo que los residuos están en el biodigestor, suele oscilar entre 15 y 30 días; un TRH más prolongado puede mejorar la producción total de biogás.

4. *Eficiencia del proceso:* La eficiencia de conversión de la materia orgánica a biogás también varía según la tecnología utilizada y la calidad del sustrato. Biodigestores bien diseñados y mantenidos pueden alcanzar eficiencias del 60-80%.

Estimaciones de producción de biogás.

• Estiércol de Vaca: Tiene una estimación de 20-30 m^3/tonelada. Por ejemplo, un biodigestor que procesa 10 toneladas/día podría generar entre 200 y 300 m^3/día.

• Residuos de Cultivos (por ejemplo, maíz): Tiene una estimación de producción de 50-100 m^3/tonelada. Por ejemplo, si se procesan 10 toneladas/día podría generar entre 500 y 1,000 m^3/día.

• Desechos alimentarios: Tiene una estimación de 100-200 m^3/tonelada.
Esto quiere decir que procesando 5 toneladas/día podría generar entre 500 y 1,000 m^3/día.

- ***Ejemplo Práctico:*** Imagina un biodigestor con una capacidad para procesar 10 toneladas de estiércol de vaca al día:

• Si se considera una producción promedio de 25 m^3/tonelada al día, el biodigestor podría generar 10 toneladas/día × 25 m^3/tonelada = 250 m^3/día.

• Por otro lado, en un mes (30 días), esto equivaldría a 250 m³/día × 30 días = 7,500 m³/mes.

Generación de fertilizante a través del biol.

Esto significa que ciertos materiales orgánicos, como estiércol, residuos vegetales y otros, se descomponen en un ambiente sin oxígeno. Esta descomposición produce un líquido rico en nutrientes que puede ser utilizado como fertilizante.

Proceso simplificado:

1. *Recolección de materiales*: Se recolectan materiales orgánicos como estiércol, hojas, frutas podridas, etc.

2. *Preparación de la mezcla*: Los materiales se mezclan con agua en un recipiente cerrado.

3. *Fermentación*: Durante varias semanas, microorganismos descomponen los materiales orgánicos, produciendo el biol.

4. *Filtrado y uso*: El líquido resultante se filtra para eliminar sólidos y se diluye con agua antes de aplicarlo a las plantas.

¿Cómo se produce energía con biogás?

La producción de energía a partir de biogás se lleva a cabo a través de un proceso llamado digestión anaeróbica, en el cual se introduce materia orgánica en un biodigestor, un tanque sellado que permite la descomposición de los residuos por acción de bacterias anaerobias. Durante este proceso, las bacterias descomponen la materia y generan biogás, una mezcla rica en metano. Este biogás es capturado y almacenado para su posterior utilización. Una vez almacenado, el biogás puede ser aprovechado de diversas maneras: se puede quemar en motores de combustión interna para generar electricidad, utilizarse para calefacción o proporcionar agua caliente en hogares e industrias, o incluso purificarse para convertirse en biometano, que puede ser utilizado como combustible para vehículos. De esta forma, el biogás no solo contribuye a la producción de energía renovable, sino que también ayuda a reducir la dependencia de combustibles fósiles.

¿Qué es la descomposición anaeróbica?

Es un proceso biológico en el que microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Estos microorganismos, principalmente bacterias, convierten la materia orgánica compleja en compuestos más simples, liberando gases como el metano y el dióxido de carbono.

Etapas de la descomposición anaeróbica: La descomposición anaeróbica se divide en cuatro etapas principales:

1. Hidrólisis: Las moléculas grandes de la materia orgánica (como carbohidratos, proteínas y lípidos) se descomponen en moléculas más pequeñas y solubles.

2. Acidogénesis: Las bacterias acidogénicas convierten las moléculas simples en ácidos orgánicos, alcoholes y gases como el hidrógeno y el dióxido de carbono.

3. Acetogénesis: Las bacterias acetogénicas convierten los productos de la etapa anterior en acetato, dióxido de carbono e hidrógeno.

4. Metanogénesis: Las arqueas metanogénicas utilizan el acetato, el dióxido de carbono e hidrógeno para producir metano.

Factores que afectan la descomposición anaeróbica

1. Temperatura: La tasa de descomposición varía con la temperatura.

2. pH: Un pH óptimo es esencial para la actividad de los microorganismos.

3. Nutrientes: Los microorganismos necesitan nutrientes como nitrógeno y fósforo.

4. Toxicidad: Sustancias tóxicas pueden inhibir el proceso.

Materias primas adecuadas para un biodigestor: La variedad de materiales orgánicos que pueden utilizarse en un biodigestor es amplia y depende en gran medida de la disponibilidad local. A continuación, te presento algunas de las más comunes:

- Residuos agrícolas:
    - Restos de cosecha (tallos, hojas, etc.)
    - Paja
    - Forrajes en mal estado
    - Frutas y verduras podridas
- Residuos ganaderos:
    - Estiércol de vacas, cerdos, aves, caballos, etc.
    - Orina
    - Residuos de mataderos
- Residuos industriales:
    - Subproductos de la industria alimentaria (orujo, melazas, etc.)
    - Aguas residuales orgánicas
- Residuos municipales:
    - Restos de comida
    - Papel y cartón
    - Residuos de jardinería

Reacciones que se llevan a cabo en un biodigestor.

1. Hidrólisis: En esta etapa, los compuestos orgánicos complejos (como carbohidratos, grasas y proteínas) son descompuestos en moléculas más simples (azúcares simples, ácidos grasos y aminoácidos) mediante la acción de enzimas producidas por bacterias hidrolíticas.

Carbohidratos → Azúcares simples

2. Fermentación (Acidogénesis): Los productos de la hidrólisis son fermentados por bacterias acidogénicas para producir ácidos orgánicos, hidrógeno (H_2), dióxido de carbono (CO_2 y otros compuestos volátiles.

Azúcares → Ácidos orgánicos + H_2 + CO_2

3. Acetogénesis: En esta etapa, las bacterias acetogénicas convierten los ácidos orgánicos y el hidrógeno en acetato, además de otros productos como CO_2 y H_2.

Ácidos orgánicos + H_2 → Acetato + CO_2

4. Metanogénesis: Esta es la etapa final del proceso anaeróbico, donde las arqueas metanógenas convierten el acetato, el hidrógeno y el dióxido de carbono en metano (CH_4) y agua.

- Acetato:

Acetato → CH_4 + CO_2

- Hidrógeno:

CO_2 + H_2 → CH_4 + H_2O

Capítulo 3: Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones sobre Biodigestores y su Impacto en la Sostenibilidad

Los biodigestores representan una solución innovadora y sostenible para la gestión de residuos orgánicos, convirtiendo la materia desechada en recursos valiosos. En esencia, un biodigestor es un sistema biológico diseñado para llevar a cabo la digestión anaeróbica, un proceso natural en el que microorganismos descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, generando biogás y digestato. Este proceso no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también promueve la producción de energía renovable y fertilizantes naturales.

Los biodigestores son herramientas multifuncionales que sirven para transformar residuos orgánicos en biogás, un combustible limpio que puede ser utilizado para generar electricidad o calor, y en biol, un fertilizante rico en nutrientes que mejora la calidad del suelo.

Las partes fundamentales de un biodigestor incluyen el tanque de digestión, donde se lleva a cabo la descomposición anaeróbica; el sistema de recolección de biogás; y el sistema de salida del digestato. El biogás producido está compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), siendo el metano el componente más valioso debido a su alto potencial energético. La cantidad de biogás que puede producir un biodigestor depende de varios factores, como su diseño, tamaño y la naturaleza de la materia orgánica alimentada. Residuos como estiércol, restos de cultivos y desechos alimentarios son ideales para maximizar la producción de biogás.

El proceso de descomposición anaeróbica es crucial en este contexto, ya que permite que los microorganismos descompongan la materia orgánica sin oxígeno, generando biogás como subproducto. Además, el digestato resultante es un fertilizante natural conocido como biol, que cierra el ciclo de nutrientes al enriquecer el suelo y reducir la necesidad de fertilizantes químicos.
La generación de energía a partir del biogás es un proceso transformador. El biogás se puede utilizar directamente en generadores eléctricos o sistemas de calefacción, convirtiéndose en una fuente de energía renovable que disminuye la dependencia de combustibles fósiles. La conversión del biogás en energía implica su captura y purificación, seguida de su uso en motores o turbinas que generan electricidad o calor.

Recomendaciones.

1. Se recomienda fomentar la instalación de biodigestores en comunidades rurales y urbanas para promover el manejo adecuado de residuos orgánicos y la producción de energía limpia.

2. Se sugiere invertir en investigación para mejorar las tecnologías existentes de biodigestores y explorar nuevas formas de optimizar la producción de biogás a partir de diferentes tipos de residuos.

3. Se debe realizar un estudio previo sobre la materia orgánica disponible en la comunidad para asegurar que los residuos utilizados sean los más adecuados para maximizar la producción de biogás.

4. Es recomendable que los gobiernos locales integren el uso de biodigestores en sus políticas ambientales y energéticas, promoviendo incentivos para su adopción en sectores productivos.

Bibliografías.

Ecologíaverde.com

Ecotec.unam.mx

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Metano

https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-gas-metano-y-por-que-ocupa-todas-las-conversaciones/

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Biog%C3%A1s

https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/biogas/index.cshtml
https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas

https://www.suez.com/es/aire-espana/noticias/produccion-biogas-kg-materia-organica

https://geniabioenergy.com/biogas-y-biodigestores-tipos-ventajas-y-beneficios/

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Digesti%C3%B3n_anaer%C3%B3bica#:~:text=La%20digesti%C3%B3n%20anaer%C3%B3bica%20o%20digesti%C3%B3n,(dependiendo%20del%20material%20degradado).

https://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/valoritzacio_reciclatge/instal_lacions_de_gestio/tractament_biologic/digestio_anaerobia/

https://www.fluencecorp.com/es/energia-producida-por-digestion-anaerobica/#:~:text=La%20digesti%C3%B3n%20anaer%C3%B3bica%20es%20un,efluentes%20y%20desechos%20de%20alimentos.

https://www.ferrovial.com/es/recursos/biogas/

https://cipycos.umsa.bo/index.php/1/article/download/11/11#:~:text=El%20biol%20es%20un%20biofertilizante,%2C%20zinc%2C%20cobre%2C%20etc.

https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/accion/biodigestores#:~:text=Al%20biodigestor%20se%20lo%20alimenta,y%20las%20bacterias%20metanog%C3%A9nicas%20act%C3%BAan.